

Città di Torino
Settore edilizia scolastica nuove opere

VERIFICHE TECNICHE
STRUTTURALI SU EDIFICI SCOLASTICI
INSERITI NELLE OPERE DI MANUTENZIONE
STRAORDINARIA
CIRCOSCRIZIONI 7-8-1 PARTE (CENTRO)

PERIZIA STATICA PRELIMINARE

(fase 1)

*Scuola Elementare statale “Aurora”
e scuola Media statale “Morelli”
e annessa palestra*

Via Cecchi n. 16-18 - TORINO

Il professionista

Ing. Carmelo RINALDIS

Indice

1.	Introduzione	3
2.	Riferimenti normativi	4
3.	Documentazione acquisita	4
4.	Descrizione generale dell'opera	5
5.	Descrizione delle strutture	6
6.	Analisi del quadro fessurativo e delle criticità riscontrate	7
7.	Criteri di analisi svolta al calcolatore	8
8.	Analisi strutturale secondo normativa originaria	9
8.1.	Criteri generali di analisi e di verifica	10
8.2.	Caratteristiche dei materiali	10
8.3.	Analisi dei carichi	11
8.4.	Analisi delle sollecitazioni e verifica elementi	12
9.	Valutazione della sicurezza secondo normativa attuale (NTC 2008)	15
9.1.	Criteri generali di analisi e di verifica	16
9.2.	Caratteristiche dei materiali	17
9.3.	Analisi delle sollecitazioni e verifica elementi	20
10.	Conclusioni	23

1. Introduzione

Nel contesto delle opere di manutenzione straordinaria di alcuni edifici scolastici appartenenti alle circoscrizioni 7, 8 e parte della 1, nel territorio della Città di Torino, sono previste delle verifiche tecniche strutturali, nella forma di perizia statica, in conformità alle leggi vigenti all'epoca della costruzione, e la valutazione della sicurezza secondo la procedura prevista dal D.M. 14/1/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Lo svolgimento delle verifiche suddette è articolato in due fasi temporali, di seguito descritte:

- Fase 1: predisposizione di una perizia statica preliminare, valutando la sicurezza strutturale dell'edificio nel rispetto delle normative vigenti all'epoca della costruzione e delle normative attuali, e progettazione di una campagna di indagini conoscitive sulle strutture e sui materiali costitutivi;
- Fase 2: direzione operativa della campagna di indagini conoscitive ed emissione del certificato di idoneità statica, accompagnato dalla perizia statica conclusiva.

Nella fase attuale di verifica (Fase 1) sussistono naturalmente delle incertezze, differenti da caso a caso in funzione delle informazioni già disponibili e dalla facilità di comprensione della struttura tramite semplici rilievi visivi. Per tale ragione, la valutazione della sicurezza statica è da considerarsi in ogni caso approssimativa, e dunque la perizia statica dovrà ritenersi "preliminare".

La presente perizia riguarda le strutture del plesso scolastico in cui hanno sede la scuola elementare "Aurora", la scuola media "Morelli" e il fabbricato destinato a palestra e piscina, sito in via Cecchi n. 16 e 18 a Torino.

La prima parte della relazione comprende la descrizione generale dell'opera e delle strutture, l'inquadramento storico del fabbricato e l'eventuale evoluzione costruttiva, e i risultati dei rilievi e delle indagini condotte (Capitoli 2 – 7); la seconda riguarda l'analisi dei risultati ottenuti applicando la normativa vigente all'epoca della costruzione (Capitolo 8), mentre la terza parte riassume una valutazione dei livelli di sicurezza secondo il D.M. 14/1/2008 attualmente vigente (Capitolo 9).

La documentazione fotografica a corredo della presente relazione è riportata nell'Allegato n. 1.

2. Riferimenti normativi

La Normativa di riferimento per l'esecuzione delle verifiche tecniche è riportata di seguito:

1. Regio Decreto n. 2229 del 16/11/1939 “Norme per la esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato”;
2. Circ. Min. LL.PP. n. 1472 del 23/05/1957 “Armature delle strutture in cemento armato”;
3. Circ. Min. LL.PP. n. 1547 del 17/05/1965 “Caratteristiche e modalità di impiego nel cemento armato degli acciai ad aderenza migliorata”;
4. Norme CNR UNI 10012/67 “Ipotesi di carico sulle costruzioni”;
5. D.M. LL.PP. n. 180 del 30/05/1972;
6. D.M. LL.PP. n. 198 del 30/05/1974;
7. Legge n. 1086 del 5/11/1971 “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”;
8. D.M. 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”, S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 4/2/08 (*abbreviate nel seguito come “NTC 2008”*);
9. Circolare esplicativa delle Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al n. 617 S.O. del n. 27 alla G.U. n. 47 del 26/2/2009 (*abbreviata nel seguito come “Circolare delle NTC 2008”*).

3. Documentazione acquisita

Il Settore Edilizia Scolastica del Comune di Torino ha messo a disposizione, come supporto per lo svolgimento delle verifiche tecniche in oggetto, la sottoelencata documentazione:

1. Progetto esecutivo delle strutture in opera, eseguite dall'impresa CAPRA S.p.A. di Spinetta Marengo (AL) e a firma degli ing. Mario ALESSIO e Giorgio CHIAMBRETTO di Torino, datato 1977, che risulta però incompleto a causa della mancanza di alcune tavole di carpenteria e di distinte di armature;
2. Progetto esecutivo delle strutture prefabbricate relative al corpo palestra, prodotte dalla ditta IMCAP S.p.A. di Monticelli Terme (PR) e a firma dell'ing. Pier Luigi MOLINARI di Parma, datato 1979, che risulta anch'esso incompleto in quanto mancano i tracciati delle armature e le tabelle delle portate ammissibili dei vari elementi;

Non è inoltre documentata la parte di fabbricato in aderenza alla palestra e destinata a spogliatoi e servizi.

4. Descrizione generale dell'opera

Il complesso di fabbricati che sono attualmente sede della Scuola Elementare "Aurora" e della Scuola Media "Morelli" è ubicato nella circoscrizione 7 del territorio comunale della Città di Torino, con accesso principale da via Cecchi n. 16 (per la scuola elementare) e n. 18 (per la scuola media).

La progettazione dei fabbricati risale al 1975 circa e la sua costruzione al 1979 circa, come desumibile dalla documentazione acquisita, e la destinazione d'uso al momento della costruzione è rimasta immutata.

Il plesso scolastico è formato da tre corpi di fabbrica, di pianta rettangolare, geometricamente simili e destinati alle attività didattiche, denominati C1, C2 e C4 negli elaborati di progetto (cfr. Allegato 1 fig. 2).

Dall'esterno, l'accesso alle scuole a livello del piano terreno avviene tramite due porticati aperti e tra loro identici. Il collegamento tra i diversi corpi avviene invece tramite due vani, nei quali è realizzata anche una doppia scala per la comunicazione tra i vari livelli.

La tipologia costruttiva, comune ai tre corpi di fabbrica sopra descritti, è a telai in calcestruzzo armato e solai in laterocemento, con murature perimetrali e divisori interni in mattoni; la struttura di copertura è in calcestruzzo armato.

La distribuzione interna dei locali nei corpi C1 e C4 prevede aule didattiche, uffici e servizi al piano terreno, aule e laboratori per attività varie a livello del 1° e 2° piano fuori terra (cfr. Allegato 1 fig. 1-4). Nel corpo C2 sono presenti una mensa, una cucina, una sala riunione, e altri locali accessori e di servizio al piano terreno, aule didattiche e laboratori al 1° e 2° piano (rispettivamente 2° e 3° fuori terra).

E' presente inoltre un sottotetto non accessibile in ciascuno dei corpi principali.

I corpi di fabbrica C1 e C4 non hanno un livello interrato e poggiano su un vespaio, mentre il corpo C2 ha un livello interrato, al quale si accede direttamente dalla scala centrale, delimitato da un'intercapedine che si sviluppa lungo tutto il perimetro dell'interrato.

La centrale termica è posta nel corpo C2, a livello interrato, dove sono collocati anche altri locali tecnici, locali ad uso magazzino e una cantina per il custode.

Sono presenti n. 2 ascensori nel corpo C4 e nel corpo C2, che collegano tutti i piani utili dell'edificio.

Non è attualmente presente alcun tipo di controsoffittatura nei locali dei fabbricati in oggetto.

L'altezza interpiano netta nei corpi principali, misurata dal piano di calpestio all'intradosso del soffitto, è pari a 3,60 m circa al piano terra e a 3,10 m circa ai restanti piani. L'altezza interpiano della parte interrata è pari a 3,58 m circa. Fa eccezione il locale adibito a sala riunione del corpo C2, posto a livello del piano terreno, nel quale l'altezza netta è pari a 4,05 m circa, ricavata con un abbassamento della quota d'imposta del solaio di pavimento.

Il fabbricato destinato a palestra e piscina, al quale si accede tramite vano di collegamento dal corpo C2 (oppure esternamente con ingresso separato), si sviluppa invece su due livelli: a quello inferiore è situata una piscina con annessi locali spogliatoi e di servizio, mentre a livello superiore c'è una palestra, con relativi spogliatoi e servizi. La palestra ha altezza sottotrave di 7.45 m, mentre i locali spogliatoi hanno altezza di 2.85 m. La tamponatura esterna è realizzata in muratura di mattoni. Il manto di copertura è in pannelli di lamiera grecata.

5. Descrizione delle strutture

Dall'esame della documentazione acquisita inerente il progetto delle strutture si è potuto constatare quanto segue.

Le strutture dei corpi di fabbrica C1, C2 e C4 sono formate da elementi in calcestruzzo armato eseguito in opera, organizzate secondo schemi statici a telaio, con fondazioni di tipo diretto.

Sono presenti giunti tecnici tra ciascun corpo e il relativo vano scale di collegamento; pertanto, i singoli corpi sono strutturalmente indipendenti dal resto del fabbricato (cfr. Allegato 1 fig. 5).

I pilastri hanno sezione rettangolare o quadrata, di dimensioni diverse e lato minimo al piede pari a 35 cm.

Le fondazioni sono costituite da plinti isolati e da muri perimetrali, su cui sorgono i pilastri di bordo. I plinti hanno base rettangolare o quadrata di dimensioni diverse, con spessore minimo di 30 cm, e poggiano su un sottoplinto in magrone di spessore 25 cm.

L'armatura degli elementi strutturali è costituita da barre d'acciaio ad aderenza migliorata di tipo FeB38k; nei pilastri sono state utilizzate barre del diametro da 12 mm a 18 mm.

La struttura in elevazione è formata da pilastri e travi in spessore e fuori spessore di solaio, aventi sezioni rettangolari e a T di diverse dimensioni (cfr. Allegato 1 fig. 3).

I solai sono realizzati in laterocemento, con getto del tipo a faccia a vista, formati da uno strato di calcestruzzo di spessore 3/5 cm, da blocchi di laterizio di altezza 18 cm e da una caldana di 4 cm,

per un totale grezzo di 25/27 cm. I solai di calpestio del piano terra dei corpi C1 e C4 hanno spessore grezzo di 25 cm, mentre il corrispondente solaio del corpo C2 ha spessore di 27 cm. I solai superiori hanno tutti spessore di 27 cm, mentre i solai del livello sottotetto e della copertura hanno spessore di 25 cm.

La struttura della copertura è realizzata a falde simmetriche, con una soletta anche'essa in laterocemento, poggiante su travi in calcestruzzo armato.

Dall'esame degli elaborati di progetto, si rileva che i pilastri denominati "C" nascono in falso a livello del solaio di sottotetto, sostenuti da una trave ribassata di sezione a T, avente altezza pari a 78 cm, che si appoggia su altre travi ribassate per formare un graticcio resistente.

I due porticati di accesso al plesso scolastico sono strutturalmente costituiti da una copertura piana, di tipologia non rilevata, sostenuta da due telai in profilati metallici, e sono svincolati dalla struttura dei corpi principali.

Per quanto riguarda il fabbricato della palestra e piscina, la struttura è costituita da elementi prefabbricati, organizzata con uno schema statico a telai piani, formati da travi e pilastri in calcestruzzo armato. Le opere di fondazione sono invece al momento incognite, in quanto non riportate negli elaborati di progetto disponibili.

Il solaio di copertura della piscina è formato da travi prefabbricate precomprese a sezione scatolare, aventi altezza pari a 120 cm e spessore delle pareti di 20 cm in testata e 7 cm in mezzeria (cfr. Allegato 1 fig. 8).

La copertura della palestra è invece composta da travi e capriate in c.a.p. su cui poggiano i tegoli prefabbricati (cfr. Allegato 1 fig. 6-7).

Per i riferimenti grafici di supporto alle verifiche si rimanda alla documentazione progettuale acquisita (cfr. Capitolo 3), mentre uno stralcio della disposizione interna dei locali è riprodotta nell'Allegato 2 alla presente relazione.

6. Analisi del quadro fessurativo e delle criticità riscontrate

Durante i sopralluoghi del 25 maggio e 4 giugno 2010, l'indagine visiva ha evidenziato i seguenti aspetti:

- Appaiono ad occhio nudo fessurazioni in alcuni elementi strutturali, come ad esempio nel pilastro P26 del corpo C2, a livello del piano terreno (cfr. All.1 fig. 10);

- Ci sono fessurazioni nelle tramezzature interne in diversi punti del fabbricato, in particolar modo è diffusa la presenza di fessure orizzontali tra i locali spogliatoio e le antistanti aule, ai vari piani e per ciascun corpo (cfr. All.1 fig. 14-15);
- Ci sono fessurazioni nelle tramezzature interne in corrispondenza dei pilastri P25 e P34 del corpo 2, a livello del 1° piano (2° fuori terra) (cfr. All.1 fig. 11);
- Si riscontra una fessurazione nella muratura esterna in mattoni del corpo C2, a livello del piano terreno e adiacente il cortile, in corrispondenza del pilastro P12 (cfr. All.1 fig. 9);
- Le porzioni di cortile comprese tra le sporgenze dei vari corpi di fabbrica manifestano un abbassamento generalizzato del piano di calpestio (cfr. All.1 fig. 16);
- I due ordini di cornicione presentano localizzati punti di degrado del calcestruzzo, con conseguente espulsione del copriferro e corrosione delle barre di armatura;

In questa fase di verifica, non è stato possibile ispezionare visivamente i locali adibiti ad alloggio del custode della scuola e della palestra, così come alcuni locali al piano interrato.

Questo aspetto, che costituisce al momento un elemento di incertezza nella valutazione generale della sicurezza del fabbricato, sarà oggetto di indagine nella fase successiva dei lavori.

7. Criteri di analisi svolta al calcolatore

L'analisi della struttura avviene mediante la modellazione spaziale della stessa con gli elementi finiti, al fine di valutare la resistenza degli elementi nella loro configurazione reale, utilizzando il metodo delle tensioni ammissibili (per le verifiche secondo normativa originaria) e degli stati limite (per le verifiche con NTC 2008).

Il programma di calcolo utilizzato è denominato "AxisVM" versione 7, prodotto dalla Inter-CAD Kft., Ungheria e distribuito in Italia dalla S.T.A. DATA S.r.l. di Torino.

L'analisi strutturale viene condotta in campo lineare e considerando il materiale perfettamente elastico. La schematizzazione del sistema resistente è a telaio spaziale, con travi e pilastri mutuamente incastrati (nodi rigidi) e caricati dagli orizzontamenti.

Nelle figure seguenti sono rappresentati i modelli strutturali agli elementi finiti relativi ad uno dei corpi scuola e alla palestra.

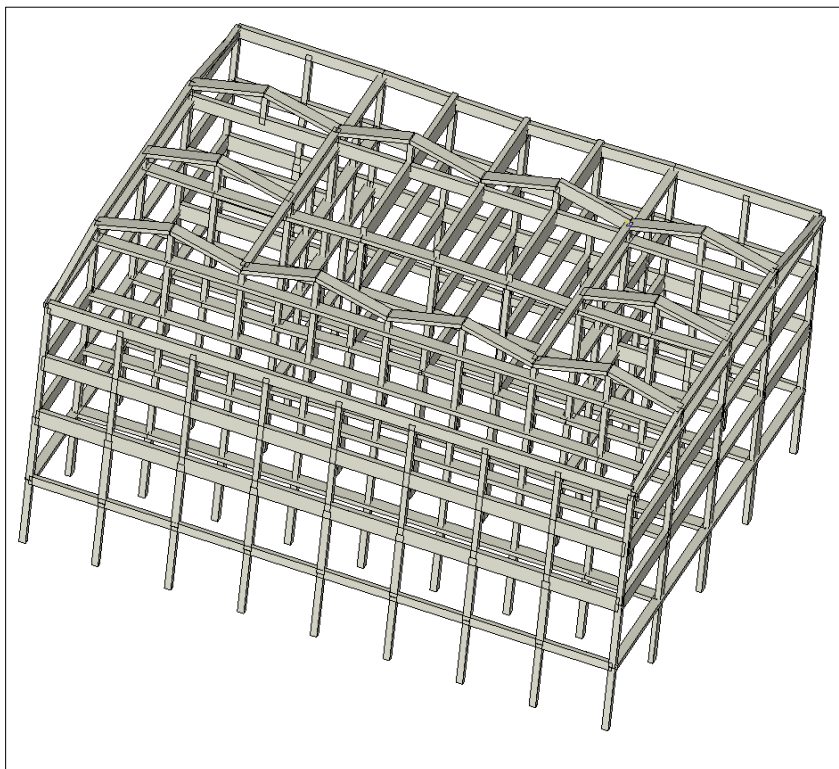


Figura 1 - Modello ad elementi finiti di un corpo scuola

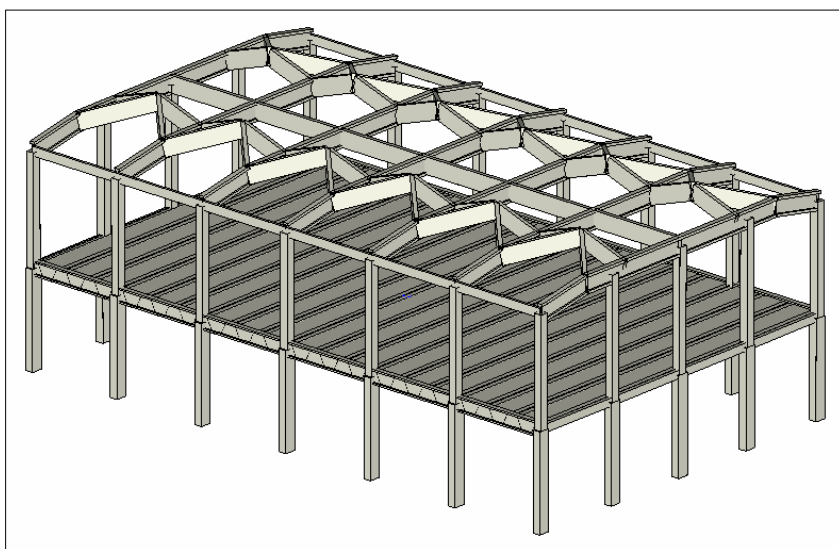


Figura 2 - Modello ad elementi finiti della palestra

8. Analisi strutturale secondo normativa originaria

In base alla data di stesura del progetto esecutivo delle strutture e dall'analisi della normativa storica sulle costruzioni, si desume che la normativa in vigore al momento della costruzione del fabbricato era la seguente:

- Per il calcestruzzo armato: D.M. LL.PP. n. 198 del 1974;
- Per l'acciaio d'armatura: D.M. LL.PP. n. 198 del 1974;
- Per le azioni sulle costruzioni: UNI CNR 10012/67

8.1. Criteri generali di analisi e di verifica

Nel rispetto della normativa originaria sopra riportata, la struttura è stata verificata con il metodo delle tensioni ammissibili. La sicurezza è pertanto valutata confrontando le sollecitazioni agenti negli elementi strutturali con i valori di tensione ammissibile fissata per l'acciaio e il calcestruzzo.

Le verifiche sono condotte in funzione delle informazioni derivanti unicamente dagli elaborati di progetto acquisiti; si rende pertanto necessario, nella Fase 2 di verifica, procedere ad una verifica in situ a campione sulla geometria e l'armatura effettivamente disposta.

Per quanto concerne il corpo palestra, la verifica degli elementi prefabbricati non è direttamente eseguibile in quanto non sono disponibili, come già descritto, i dettagli delle armature utilizzate, né sono date indicazioni sulla loro portata ammissibile. In questo caso, si procede quindi con il calcolo della sola sollecitazione agente, rimandando le verifiche ad una successiva fase (Fase 2).

8.2. Caratteristiche dei materiali

Come specificato nel capitolo introduttivo, non sono disponibili in questa fase di verifica i certificati di prova sulle resistenze meccaniche dei materiali delle strutture eseguite in opera. Di conseguenza, le caratteristiche dei materiali sono state ipotizzate sulla base di quanto indicato negli elaborati di progetto, conformemente alla normativa dell'epoca. Per quanto riguarda le strutture prefabbricate, non ci sono indicazioni circa le caratteristiche dei materiali negli elaborati di progetto.

CALCESTRUZZO IN OPERA		
Tipo di cemento	-	32.5
Classe di resistenza R_{ck}	N/mm ²	25
Tensione ammissibile $\sigma_{c,amm}$	N/mm ²	8.5
Modulo elastico normale (E_{cm})	N/mm ²	28460
Modulo elastico tangenziale (G_{cm})	N/mm ²	12374
Coefficiente di Poisson ν	-	0.15
Peso specifico calcestruzzo armato	kN/m ³	25

ACCIAIO D'ARMATURA LENTA		
Tipo	-	FeB38k
Tensione ammissibile $\sigma_{s,amm}$	N/mm ²	220
Modulo elastico normale (E_{sm})	N/mm ²	210000
Modulo elastico tangenziale (G_{sm})	N/mm ²	91304
Coefficiente di Poisson ν	-	0.15
Peso specifico	kN/m ³	78.5
Coefficiente di omogeneizzazione n	-	15

Terreno di sottosuolo

Le caratteristiche del terreno di sottosuolo per il sito in esame non sono al momento conosciute, in quanto tra la documentazione reperita non è presente una relazione geologica né una relazione illustrativa o di calcolo delle strutture.

Pertanto, nell'attuale fase di verifica si procede al solo calcolo della tensione sul terreno per un plinto scelto a campione, rimandando il confronto con la tensione ammissibile quando saranno disponibili i risultati delle indagini e prove conoscitive sul terreno, previste con la successiva Fase 2 di verifica.

8.3. Analisi dei carichi

Ai fini delle verifiche, le azioni variabili che si manifestano sulla struttura sono valutate in riferimento ai valori nominali, individuati dalle norme UNI CNR 10012/67 per la pertinente destinazione d'uso, mentre le azioni permanenti proprie e portate sono poste uguali a quanto indicato negli elaborati di progetto. Le tabelle seguenti riassumono i valori utilizzati:

Corpi C1-C2-C4 (scuola)

Solaio piano terra

Carichi permanenti

Solaio in laterocemento (3+18+4)	kN/m ²	2.65
Permanententi portati (pavimentazione, sottofondi)	kN/m ²	1.50
Totale	kN/m ²	4.15

Carichi variabili

Carico variabile (aule scolastiche)	kN/m ²	5.00
Totale	kN/m ²	9.15

Solai piani 1° e 2° f.t.

Carichi permanenti

Solaio in laterocemento (5+18+4)	kN/m ²	3.10
Permanententi portati (pavimentazione, sottofondi)	kN/m ²	1.50
Totale	kN/m ²	4.60

Carichi variabili

Carico variabile (aule scolastiche)	kN/m ²	3.50
Totale	kN/m ²	8.10

Solaio piano sottotetto non accessibile

Carichi permanenti

Solaio in laterocemento (3+18+4)	kN/m ²	2.50
Permanententi portati (pavimentazione, sottofondi)	kN/m ²	3.00
Totale	kN/m ²	5.50

Carichi variabili

Carico variabile (non accessibile)	kN/m ²	1.50
Totale	kN/m ²	7.00

Solaio di copertura
Carichi permanenti

Solaio in laterocemento (3+18+4)	kN/m ²	2.50
Permanenti portati (rivestimento, lamiera)	kN/m ²	2.00
Totale	kN/m ²	4.50

Carichi variabili

Carico variabile (neve)	kN/m ²	0.90
Totale	kN/m ²	5.40

Corpo C3 (palestra)
Solaio di calpestio della palestra
Carichi permanenti

Solaio in travi in c.a.p. a cassone h=120 cm	kN/m ²	12.85
Permanenti portati (pavimentazione, sottofondi)	kN/m ²	2.00
Totale	kN/m ²	14.85

Carichi variabili

Carico variabile (palestra)	kN/m ²	5.00
Totale	kN/m ²	19.85

Solaio di copertura della palestra
Carichi permanenti

Solaio in tegoli prefabbricati nervati spessore 5 cm	kN/m ²	3.00
Permanenti portati (rivestimento, lamiera)	kN/m ²	1.50
Totale	kN/m ²	4.50

Carichi variabili

Carico variabile (neve)	kN/m ²	0.90
Totale	kN/m ²	5.40

8.4. Analisi delle sollecitazioni e verifica elementi

Per le considerazioni fatte in precedenza sull'analogia geometrica e strutturale tra i corpi di fabbrica C1, C2 e C4, le verifiche sono state condotte sul corpo di fabbrica "C1", considerato strutturalmente separato dal resto della costruzione per la presenza dei giunti, e sul corpo palestra "C3" per le sole azioni sollecitanti. I dati completi di input e di output, inclusi i valori di sollecitazione sugli elementi, sono riportati in Allegato 4 (solo nella versione su supporto informatico); nel seguito si riportano invece i dettagli delle verifiche svolte su alcuni elementi, selezionati tra quelli più significativi.

Si ribadisce che le verifiche sono condotte in funzione delle sole informazioni disponibili dagli elaborati esecutivi di progetto, non essendo stata ancora effettuata la campagna di indagini e prove conoscitive in progetto, per la necessaria verifica di corrispondenza tra progettato e costruito.

Le verifiche sono state effettuate sui sottoelencati elementi:

Corpo C1 (scuola)

Trave **T.114** - sezione 30x90 - corpo C1 livello +3.93m

da progetto esecutivo:	Armatura in mezzeria:	$A_{sup} = 12\phi6$ $A_{inf} = 9\phi22+1\phi20$
	Armatura in estremità:	$A_{sup} = 5\phi20+4\phi22$ $A_{inf} = 5\phi22$
	Armatura a taglio:	Staffe $\phi8/14$
Momento flettente sollecitante (max negativo):	$M_{s,-}$	= -350 kNm
Momento flettente resistente (negativo):	$M_{R,-}$	= -520 kNm
		--> $ M_{R,-} > M_{s,-} $ verifica soddisfatta
$\sigma_c = 5.7 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{c,adm} (= 8.5 \text{ N/mm}^2)$		
$\sigma_s = 141 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s,adm} (= 220 \text{ N/mm}^2)$		
Momento flettente sollecitante (max positivo):	$M_{s,+}$	= 345 kNm
Momento flettente resistente (positivo):	$M_{R,+}$	= 420 kNm
		--> $ M_{R,+} > M_{s,+} $ verifica soddisfatta
$\sigma_c = 6.9 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{c,adm} (= 8.5 \text{ N/mm}^2)$		
$\sigma_s = 122 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s,adm} (= 220 \text{ N/mm}^2)$		
Taglio sollecitante massimo:	V_s	= 210 kN
$\tau_c = 0.88 \text{ N/mm}^2 > \tau_{c0} (= 0.53)$		richiesta armatura a taglio
Si affida alle staffe una percentuale di sforzo tagliante non inferiore al 40 % (da Norma)		
--> $V_{staffe,resist} = 120 \text{ kN} > V_{staffe,min} (40\% \text{ di } 210 = 84 \text{ kN})$		verifica soddisfatta

Travetto **S.101** - corpo C1 livello +3.93m - luce netta = 5.65 m

da progetto esecutivo:	Armatura in mezzeria:	$A_{sup} = 0$ $A_{inf} = 2\phi14$
	Armatura in estremità:	$A_{sup} = 1\phi12+1\phi14$ $A_{inf} = 1\phi14$
Si ipotizza un momento flettente pari a $ql^2/12$ in estremità e $ql^2/10$ in mezzeria.		
Momento flettente sollecitante (max negativo):	$M_{s,-}$	= -11.9 kNm
Momento flettente resistente (negativo):	$M_{R,-}$	= -12 kNm
		--> $ M_{R,-} > M_{s,-} $ verifica soddisfatta
$\sigma_c = 8.12 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{c,adm} (= 8.5 \text{ N/mm}^2)$		
$\sigma_s = 199 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s,adm} (= 220 \text{ N/mm}^2)$		
Momento flettente sollecitante (max positivo):	$M_{s,+}$	= 14 kNm
Momento flettente resistente (positivo):	$M_{R,+}$	= 15 kNm

--> $|M_{R,+}| > |M_{s,+}|$ **verifica soddisfatta**

$$\sigma_c = 4.2 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{c,adm} (= 8.5 \text{ N/mm}^2)$$

$$\sigma_s = 200 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s,adm} (= 220 \text{ N/mm}^2)$$

Trave **T.305** - sezione 30x78 - corpo C1 livello +10.93m

da progetto esecutivo: Armatura in mezzeria: $A_{sup} = 14\phi6$
 $A_{inf} = 8\phi20+1\phi22$
 Armatura in estremità: $A_{sup} = 8\phi20+14\phi6$
 $A_{inf} = 4\phi20+1\phi22$
 Armatura a taglio: Staffe $\phi8/15$

Momento flettente sollecitante (max negativo): $M_{s,-} = -340 \text{ kNm}$
 Momento flettente resistente (negativo): $M_{R,-} = -395 \text{ kNm}$
 --> $|M_{R,-}| > |M_{s,-}|$ **verifica soddisfatta**

$$\sigma_c = 7.3 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{c,adm} (= 8.5 \text{ N/mm}^2)$$

$$\sigma_s = 170 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s,adm} (= 220 \text{ N/mm}^2)$$

Momento flettente sollecitante (max positivo): $M_{s,+} = 178 \text{ kNm}$
 Momento flettente resistente (positivo): $M_{R,+} = 311 \text{ kNm}$
 --> $|M_{R,+}| > |M_{s,+}|$ **verifica soddisfatta**

$$\sigma_c = 4.8 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{c,adm} (= 8.5 \text{ N/mm}^2)$$

$$\sigma_s = 94 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{s,adm} (= 220 \text{ N/mm}^2)$$

Taglio sollecitante massimo: $V_s = 221 \text{ kN}$

$\tau_c = 1.08 \text{ N/mm}^2 > \tau_{c0} (= 0.53)$ **richiesta armatura a taglio**

Si affida alle staffe una percentuale di sforzo tagliante non inferiore al 40 % (da Norma)

--> $V_{staffe,resist} = 108 \text{ kN} > V_{staffe,min} (40\% \text{ di } 221 = 89 \text{ kN})$ **verifica soddisfatta**

Pilastro **P5** - sezione 30x80 - corpo C1

da progetto esecutivo: Armatura sez. corrente: $A_s = 8\phi16$
 Armatura a taglio: Staffe $\phi6/18$

Sforzo normale sollecitante (max): $N = -1480 \text{ kN}$
 Area sezione omogenea: $A_{om} = 264120 \text{ mm}^2$
 Massima tensione di compressione nel cls: $\sigma_c = -5.6 \text{ N/mm}^2$ ($< 0.70\sigma_{c,adm} = 5.95 \text{ N/mm}^2$)
verifica soddisfatta

Plinto del pilastro **P26** - corpo C1 - base 145x145 cm e H 70 cm, sottoplinto 175x175 cm e H 25 cm

Sforzo normale sollecitante (al piede): $N = -987 \text{ kN}$
 Peso proprio plinto+sottoplinto: $N_{pl} = -56 \text{ kN}$
 Sforzo normale totale su terreno: $N_{tot} = -1043 \text{ kN}$
 Area sezione di base: $A = 3.06 \text{ m}^2$
 Sollecitazione sul terreno: $\sigma_t = -3.41 \text{ kN/m}^2$

Come espresso nel par. 8.2, non si procede al confronto con la tensione ammissibile del terreno in quanto attualmente sconosciuta.

Corpo C3 (palestra)Trave **PW-120** - corpo C3 livello solaio calpestio palestra

Luce netta = 27.78 m

Luce di calcolo = 1.05 x L netta = 29.17 m

Larghezza trave all'estradosso: 2.44 m

Carico uniforme su trave (incl. peso proprio): $q = 48.34$ kN/m

Schema statico: trave appoggiata sulle travi DT-120 prefabbricate

Momento flettente in mezzera: $ql^2/8$ Momento flettente sollecitante (max positivo): $M_{s,+} = 5142$ kNmTaglio sollecitante massimo ($ql/2$): $V_s = 705$ kNTrave **DT-120** - corpo C3 livello solaio calpestio palestra

Luce netta = 7 m

Luce di calcolo = 1.05 x L netta = 7.35 m

Sezione ad I: h = 1.20 m; L ali = 0.50 m ; L anima = 0.10 m;

Carico uniforme su trave (incl. peso proprio): $q = 275.75$ kN/m

Schema statico: trave appoggiata sui piedritti prefabbricati

Momento flettente sollecitante (max positivo): $M_{s,+} = 2413$ kNmTaglio sollecitante massimo ($ql/2$): $V_s = 1013$ kN

Come specificato al par. 8.1, non si procede al confronto con le caratteristiche resistenti in quanto le caratteristiche meccaniche dei materiali e la quantità e disposizione delle armature sono attualmente sconosciute.

Tutti gli elementi sopra analizzati, ai sensi della normativa dell'epoca, risultano essere verificati. Per la validazione di tali risultati sono però necessari dei riscontri sull'effettiva corrispondenza tra progettato e costruito, in termini di geometria ed armatura degli elementi strutturali, che verranno eseguiti con la campagna di indagini e prove prevista nella seconda fase di verifiche (Fase 2).

9. Valutazione della sicurezza secondo normativa attuale (NTC 2008)

Ai sensi della normativa tecnica vigente (NTC 2008), la valutazione della sicurezza delle costruzioni esistenti dovrà essere condotta nel rispetto degli stati limite ultimi, nella combinazione relativa allo stato di salvaguardia della vita umana (SLV) o allo stato di collasso (SLC); nella presente relazione, la verifica è condotta nei confronti dello SLV.

Non sono contemplate invece, per la finalità delle presenti verifiche statiche, le azioni di tipo sismico.

L'analisi storico-critica del fabbricato è descritta nel capitolo 3, mentre il rilievo geometrico-strutturale, eseguito in occasione dei sopralluoghi alle opere, è sintetizzato negli elaborati grafici allegati alla presente relazione (Allegato 2).

La Normativa prevede che, sulla base delle informazioni già disponibili e dei risultati della campagna di prove in progetto, il livello di conoscenza *raggiungibile* per la struttura in esame si classifichi come “*adeguato*” o LC2.

Nelle presenti verifiche preliminari si adotta il medesimo livello di conoscenza, sebbene non siano ancora state eseguite le verifiche in situ e le prove previste nella Fase 2.

Il livello di conoscenza adottato è definito dagli aspetti sotto elencati:

Geometria: è nota in base ai disegni originali (cfr. Documentazione acquisita). E' stato quindi condotto un rilievo visivo a campione per la verifica della corrispondenza tra il costruito e i disegni stessi. L'individuazione di alcuni elementi strutturali è stata svolta in modo indiretto con l'ausilio di un pacometro mod. Profometer 5/S della PROCEQ S.A., Svizzera, non essendo consentito in questa fase operare una rimozione dell'intonaco presente.

Dettagli costruttivi: i dettagli sono parzialmente noti dagli elaborati esecutivi delle strutture. Secondo la Normativa attuale (cfr. Tab. C8A.1.2 della Circolare), in questa configurazione sono richieste *limitate verifiche in-situ*, effettuando un rilievo dei dettagli costruttivi sul 15% del totale degli elementi strutturali primari. Tali rilievi saranno oggetto di una specifica campagna di indagini conoscitive, da eseguirsi nella seconda fase di verifica.

Proprietà dei materiali: le informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono desunte dalle indicazioni riportate sugli elaborati esecutivi delle strutture.

Secondo la Normativa attuale (cfr. Tab. C8A.1.2 della Circolare), sono quindi richieste *limitate prove in-situ*, nella misura di 1 provino di calcestruzzo per 300 m² di solaio e di 1 campione di armatura per piano dell'edificio.

Tali prove saranno oggetto di una specifica campagna di indagini conoscitive, da eseguirsi nella seconda fase di verifica.

Il fattore di confidenza (FC) corrispondente al livello di conoscenza assunto è pari a **1.20** (cfr. Tab. C8A.1.2 della Circolare).

9.1. Criteri generali di analisi e di verifica

Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento

L'edificio in progetto rientra tra le opere di importanza normale (NTC Tabella 2.4.I), per cui la vita nominale è pari a $V_N \geq 50$ anni. La classe d'uso è invece determinata come Classe III, in quanto si tratta di edifici scolastici, come precisato nelle Istruzioni alle NTC al § 2.4.2.

Di conseguenza, il periodo di riferimento è pari a $V_R \geq 75$ anni.

Combinazione delle azioni

Per la verifica allo Stato Limite Ultimo (SLV):

Valori dei coefficienti di combinazione adottati:

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Categoria	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
C.1 (scuole)	0.7	0.7	0.6
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve	0.5	0.2	0.0

I coefficienti parziali di sicurezza per le azioni sono derivati dalle NTC - Tabella 2.6.I e sono pari a:

$$\gamma_{g1} = 1.3$$

$$\gamma_{g2} = 1.5$$

$$\gamma_q = 1.5$$

9.2. Caratteristiche dei materiali

Dove non specificato diversamente, si fa riferimento ai valori riportati nel capitolo precedente relativo alle verifiche secondo la normativa dell'epoca di costruzione.

Prove sclerometriche sui corpi C1-C2-C4

E' stata condotta una campagna di prove non distruttive sul calcestruzzo, con l'uso di sclerometro tipo Schmidt, su un numero di elementi scelti a campione, effettuando n. 10 battute per ciascuno di essi. I risultati delle singole prove sono indicati in Allegato 3, mentre nel seguito si riporta il valore della resistenza media caratteristica $R_{ck,m}$ ottenuto da tali prove.

$$R_{ck,m} = 37 \text{ N/mm}^2$$

Dal momento che il valore ottenuto è superiore a quello di progetto, si può ipotizzare in questa fase di verifiche che la resistenza del calcestruzzo in opera sia effettivamente congruente a quanto prescritto in sede progettuale. D'altra parte, poiché le prove sclerometriche su un calcestruzzo invecchiato conducono generalmente ad una sovrastima della resistenza effettiva del materiale, si ipotizza appunto, come resistenza di riferimento R_{ck} per le verifiche, il valore indicato negli elaborati di progetto.

CALCESTRUZZO IN OPERA		
Resistenza media caratteristica di riferimento $R_{ck,m}$	N/mm ²	25
Resistenza media caratteristica $f_{c,m}$	N/mm ²	20
Coefficiente parziale di sicurezza γ_c	-	1.5
Resistenza di calcolo $f_{cd,LC}$	N/mm ²	9.80
Modulo elastico normale (E _{cm} /FC)	N/mm ²	24218
Modulo elastico tangenziale (G _{cm} /FC)	N/mm ²	10529
Coefficiente di Poisson ν	-	0.15
Peso specifico calcestruzzo armato	kN/m ³	25

ACCIAIO D'ARMATURA LENTA		
Tipo	-	FeB38k
f_{yk}	N/mm ²	375
Coefficiente parziale di sicurezza γ_s	-	1.15
$f_{yd,LC}$	N/mm ²	272
Modulo elastico normale (Esm/FC)	N/mm ²	175000
Modulo elastico tangenziale (Gsm/FC)	N/mm ²	76087
Coefficiente di Poisson ν	-	0.15
Peso specifico	kN/m ³	78.5

Terreno di sottosuolo

Conformemente a quanto descritto nel capitolo precedente, non essendo noti i dati relativi al terreno di fondazione, in questa fase di verifica sono riportate soltanto le sollecitazioni agenti sul terreno, rimandando alla successiva Fase 2 di verifica il confronto con le rispettive resistenze.

Analisi dei carichi

Ai fini delle verifiche, le azioni che si manifestano sulla struttura sono valutate in riferimento al raggiungimento dello stato limite ultimo (SLV), nella combinazione indicata in precedenza.

I carichi nominali sono in parte desunti dai valori di progetto dichiarati negli elaborati acquisiti e in parte derivanti da normativa; le tabelle seguenti riassumono i valori utilizzati:

Corpi C1-C2-C4 (scuole)

Solaio piano terra

Carichi permanenti G_k

Solaio in laterocemento (3+18+4)	kN/m ²	2.65
Permanenti portati (pavimentazione, sottofondi) + tramezzi (*)	kN/m ²	2.70
Totale G_k	kN/m ²	5.35

Carichi variabili Q_k

Carico variabile (cat. C1 scuole)	kN/m ²	3.00
Totale $G_k + Q_k$	kN/m ²	8.35

Solai piani 1° e 2° f.t.

Carichi permanenti G_k

Solaio in laterocemento (5+18+4)	kN/m ²	3.10
Permanenti portati (pavimentazione, sottofondi) + tramezzi (*)	kN/m ²	2.70
Totale G_k	kN/m ²	5.80

Carichi variabili Q_k		
Carico variabile (cat. C1 scuole)	kN/m ²	3.00
Totale $G_k + Q_k$	kN/m ²	8.80
<i>Solaio piano sottotetto non accessibile</i>		
Carichi permanenti G_k		
Solaio in laterocemento (3+18+4)	kN/m ²	2.50
Permanenti portati (pavimentazione, sottofondi)	kN/m ²	3.00
Totale G_k	kN/m ²	5.50
Carichi variabili Q_k		
Carico variabile (cat. H1)	kN/m ²	0.50
Totale $G_k + Q_k$	kN/m ²	6.00
<i>Solaio di copertura</i>		
Carichi permanenti G_k		
Solaio in laterocemento (3+18+4)	kN/m ²	2.50
Permanenti portati (rivestimento, lamiera)	kN/m ²	2.00
Totale G_k	kN/m ²	4.50
Carichi variabili Q_k		
Carico variabile (neve)	kN/m ²	1.35
Totale $G_k + Q_k$	kN/m ²	5.85

(*): rispetto ai carichi del progetto originario sono stati aggiunti i carichi equivalenti dovuti all'influenza delle tramezzature interne, come previsto dalle NTC, pari a 1.20 kN/m².

Corpo C3 (palestra)

Solaio di calpestio della palestra

Carichi permanenti		
Solaio in travi in c.a.p. a cassone h=120 cm	kN/m ²	12.85
Permanenti portati (pavimentazione, sottofondi)	kN/m ²	2.00
Totale	kN/m ²	14.85
Carichi variabili		
Carico variabile (cat. C3 palestre)	kN/m ²	5.00
Totale	kN/m ²	19.85

Solaio di copertura della palestra

Carichi permanenti		
Solaio in tegole prefabbricati nervati spessore 5 cm	kN/m ²	3.00
Permanenti portati (rivestimento, lamiera)	kN/m ²	1.50
Totale	kN/m ²	4.50
Carichi variabili		
Carico variabile (neve)	kN/m ²	1.35
Totale	kN/m ²	5.85

9.3. Analisi delle sollecitazioni e verifica elementi

I dati completi di input e di output del modello di calcolo, inclusi i valori di sollecitazione sugli elementi, sono riportati in Allegato 4 (solo nella versione su supporto informatico). Nel seguito si riportano invece i dettagli delle verifiche svolte sugli stessi elementi analizzati in precedenza, nel capitolo relativo alle verifiche secondo normativa dell'epoca, per consentire un confronto diretto del livello di sicurezza atteso, in rapporto alle due diverse normative. *Le verifiche sono condotte, come già indicato, in funzione delle armature come riportate negli elaborati esecutivi delle strutture.*

Le verifiche sono state effettuate sui sottoelencati elementi:

Corpo C1 (scuola)

Trave **T.114** - sezione 30x90 - corpo C1 livello +3.93m

Momento flettente di calcolo (negativo): $M_{sd,-} = -508$ kNm
 Momento flettente resistente (negativo): $M_{Rd,-} = -712$ kNm
 $--> |M_{Rd,-}| > |M_{sd,-}|$ [verifica soddisfatta](#)
 Armatura di calcolo: $A_{s,d} = 2477$ mm²; Armatura tesa disposta: $A_{s,disp} = 3090$ mm² > $A_{s,d}$
 Armatura minima: $A_{s,min} = 441$ mm² < $A_{s,disp}$

Momento flettente di calcolo (positivo): $M_{sd,+} = 499$ kNm
 Momento flettente resistente (positivo): $M_{Rd,+} = 767$ kNm
 $--> |M_{Rd,+}| > |M_{sd,+}|$ [verifica soddisfatta](#)
 Armatura di calcolo: $A_{s,d} = 2419$ mm²; Armatura tesa disposta: $A_{s,disp} = 3734$ mm² > $A_{s,d}$
 Armatura minima: $A_{s,min} = 441$ mm² < $A_{s,disp}$

Taglio sollecitante di calcolo: $V_{sd} = 305$ kN
 Taglio resistente: $V_{Rd1} = 161$ kN < V_{sd}
[staffe richieste](#)
 $V_{Rsd} = 315$ kN > V_{sd} [verifica soddisfatta](#)
 $V_{Rcd} = 582$ kN > V_{sd} [verifica soddisfatta](#)
 Rapporto meccanico staffe: $\rho_w = 718 > \rho_{w,min} (= 450)$ [soddisfatta](#)

Travetto **S.101** - corpo C1 livello +3.93m - luce netta = 5.65 m

Resistenza a compressione pari a 0,80 $f_{cd,LC}$ per spessore inferiore a 50 mm.

Si ipotizza un momento flettente pari a $ql^2/12$ in estemità e $ql^2/10$ in mezzeria.

Momento flettente di calcolo (negativo): $M_{sd,-} = -17.7$ kNm
 Momento flettente resistente (negativo): $M_{Rd,-} = -16.7$ kNm
 $--> |M_{Rd,-}| < |M_{sd,-}|$
[verifica non soddisfatta](#)

Momento flettente di calcolo (positivo): $M_{sd,+} = 21$ kNm
 Momento flettente resistente (positivo): $M_{Rd,+} = 20$ kNm
 $--> |M_{Rd,+}| < |M_{sd,+}|$
[verifica non soddisfatta](#)

E' necessario applicare una riduzione delle azioni variabili, tramite un coefficiente moltiplicativo $\alpha_q = 0.75$:

$|M_{sd,alfa}| = -16$ kNm pertanto i carichi variabili massimi, che soddisfano le condizioni di verifica secondo NTC, sono pari a $0.75 \times 3.00 = 2.25$ kN/m².

Trave **T.305** - sezione 30x78 - corpo C1 livello +10.93m

Momento flettente di calcolo (negativo): $M_{sd,-} = -423$ kNm
 Momento flettente resistente (negativo): $M_{Rd,-} = -573$ kNm
 $--> |M_{Rd,-}| > |M_{sd,-}|$ **verifica soddisfatta**

Armatura di calcolo: $A_{s,d} = 2496$ mm² ; Armatura tesa disposta: $A_{s,disp} = 2904$ mm² > $A_{s,d}$
 Armatura minima: $A_{s,min} = 381$ mm² < $A_{s,disp}$

Momento flettente di calcolo (positivo): $M_{sd,+} = 235$ kNm
 Momento flettente resistente (positivo): $M_{Rd,+} = 528$ kNm
 $--> |M_{Rd,+}| > |M_{sd,+}|$ **verifica soddisfatta**

Armatura di calcolo: $A_{s,d} = 1223$ mm² ; Armatura tesa disposta: $A_{s,disp} = 2892$ mm² > $A_{s,d}$
 Armatura minima: $A_{s,min} = 381$ mm² < $A_{s,disp}$

Taglio sollecitante di calcolo: $V_{sd} = 270$ kN
 Taglio resistente: $V_{Rd1} = 167$ kN < V_{sd}
staffe richieste

Staffe $\phi 8$ mm/15 cm
 $V_{Rsd} = 291$ kN > V_{sd} **verifica soddisfatta**

$V_{Rcd} = 503$ kN > V_{sd} **verifica soddisfatta**

Rapporto meccanico staffe: $\rho_w = 670 > \rho_{w,min} (= 450)$ **soddisfatta**

Pilastro **P5** - sezione 30x80 - corpo C1

Sforzo normale di calcolo: $N_{sd} = -2021$ kN
 Momento flettente di calcolo: $M_{sd} = 147$ kNm

$\nu = 0.859$; $\mu = 0.078$ $-->$ $\omega = 0.10$

Armatura richiesta per pressoflessione retta: $A_{tot,req} = 865$ mm²
 Armatura sezione al piede: $A_{tot,prov} = 1608$ mm²

Armatura minima: $A_{min} = 743$ mm² < $A_{tot,prov}$ **verifica soddisfatta**

Interasse minimo: 12×16 mm = 192 mm > 180 mm **verifica soddisfatta**

Plinto del pilastro **P26** - corpo C1 - base 145x145 cm e H 70 cm, sottoplinto 175x175 cm e H 25 cm

Sforzo normale sollecitante di calcolo (al piede): $N_{sd} = -1337$ kN
 Peso proprio plinto+sottoplinto: $N_{pl} = -73$ kN
 Sforzo normale di calcolo su terreno: $E_d = -1410$ kN

Come espresso nel par. 8.2, non si procede al confronto con la capacità resistente del terreno in quanto attualmente sconosciuta.

Corpo C3 (palestra)

Trave **PW-120** - corpo C3 livello solaio calpestio palestra

Luce netta = 27.78 m

Luce di calcolo = 1.05 x L netta = 29.17 m

Larghezza trave all'estradosso: 2.44 m

Carico uniforme su trave (incl. peso proprio): $q_{sd} = 66.37$ kN/m

Schema statico: trave appoggiata sulle travi DT-120 prefabbricate

Momento flettente in mezzzeria: $ql^2/8$

Momento flettente sollecitante di calcolo: $M_{sd,+} = 7060$ kNm

Taglio sollecitante massimo di calcolo: $V_{sd} = 705$ kN

Trave **DT-120** - corpo C3 livello solaio calpestio palestra

Luce netta = 7 m

Luce di calcolo = 1.05 x L netta = 7.35 m

Sezione ad I: h = 1.20 m; L ali = 0.50 m ; L anima = 0.10 m;

Carico uniforme su trave (incl. peso proprio): $q = 377.8$ kN/m

Schema statico: trave appoggiata sui piedritti prefabbricati

Momento flettente sollecitante di calcolo: $M_{sd,+} = 3306$ kNm

Taglio sollecitante massimo di calcolo: $V_{sd} = 1241$ kN

Come specificato al par. 8.1, non si procede al confronto con le caratteristiche resistenti in quanto le caratteristiche meccaniche dei materiali e la quantità e disposizione delle armature sono attualmente sconosciute.

La verifica di alcuni degli elementi scelti a campione non è risultata soddisfatta, nel contesto delle assunzioni e delle ipotesi fatte in precedenza. Con il livello attuale di conoscenza della struttura, il soddisfacimento delle condizioni di sicurezza previste nelle NTC richiederebbe la riduzione dei carichi variabili, nelle parti di fabbricato che caricano gli elementi in questione, secondo un coefficiente di riduzione α pari a 0.75.

Alternativamente, si dovrebbe procedere ad un rinforzo degli elementi sopra citati, per incrementarne la capacità resistente.

10. Conclusioni

Le verifiche condotte sulle strutture della scuola in oggetto, differenziate a seconda della normativa di riferimento selezionata (epoca o NTC), hanno fornito esiti diversi.

Sulla base del progetto esecutivo delle strutture, integrato dalle ipotesi poste sugli aspetti attualmente incogniti e da convalidare con l'esecuzione della campagna conoscitiva in progetto, le verifiche condotte in conformità alle normative vigenti all'epoca della costruzione sarebbero infatti generalmente positive, come dimostrato anche dalle discrete condizioni generali delle strutture, soggette ai carichi previsti per la destinazione d'uso propria dell'edificio.

Tuttavia, alcune criticità riscontrate in sede di sopralluogo potrebbero segnalare problematiche di ordine statico, che dovranno essere anch'esse appurate e approfondite con la successiva campagna di indagini (Fase 2).

Per quanto concerne invece la valutazione della sicurezza secondo la vigente Normativa (D.M. 14/1/2008), nel quadro generale delle ipotesi e assunzioni fatte sulla corrispondenza tra progettato e costruito e su altri aspetti attualmente incogniti, le verifiche dettagliate al Capitolo 9 dimostrano che alcuni elementi strutturali non sono adeguati a resistere alle azioni statiche, nella combinazione di carico di stato limite ultimo, mentre altri elementi risultano essere adeguati. La mancata idoneità di alcuni elementi è dovuta prevalentemente alla penalizzazione imposta alle resistenze dei materiali, operata tramite il fattore di confidenza, che tiene conto del basso livello di conoscenza adottato, e solo in misura minore alla differente entità dei carichi nelle due normative. Infatti, secondo l'attuale normativa i carichi variabili per l'uso scolastico hanno un valore inferiore rispetto a quelli della normativa dell'epoca, ad eccezione dei carichi neve, che sono stati invece incrementati.

E' stato quindi indicato un valore α di riduzione delle azioni variabili (ad eccezione del carico neve), che consenta il soddisfacimento dei criteri di sicurezza delle NTC.

Le prescrizioni di Legge riguardanti i dettagli costruttivi degli elementi in calcestruzzo armato non sono invece generalmente rispettate, com'era prevedibile in quanto tali prescrizioni, più restrittive rispetto al passato, sono state introdotte soltanto con le normative più recenti.

L'esito delle verifiche riassunte nella presente relazione è comunque correlato all'ipotesi che gli elementi strutturali effettivamente realizzati corrispondano a quanto riportato negli elaborati di progetto acquisiti, in termini di geometria e di armatura.

Sulla base di quanto esposto, verifiche e valutazioni più approfondite saranno possibili dopo l'esecuzione della campagna di indagini e prove in progetto, a conclusione delle quali sarà possibile indicare all'Amministrazione le eventuali misure da adottare per il mantenimento del livello di sicurezza originario della costruzione, per l'eliminazione delle criticità già riscontrate o di quelle che potrebbero essere evidenziate a seguito delle indagini conoscitive.

Nichelino, lì

Il professionista
(ing. Carmelo RINALDIS)

Allegato 1: Documentazione fotografica;
Allegato 2: Elaborati grafici architettonici dell'opera;
Allegato 3: Risultati della campagna di prove sclerometriche;
Allegato 4: Dati e risultati principali del modello di calcolo (su supporto informatico)